

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-202968

(43)Date of publication of application : 05.08.1997

---

(51)Int.Cl.

C23C 14/34

C23C 14/54

H01L 21/203

H01L 21/31

H01L 21/316

H05H 1/46

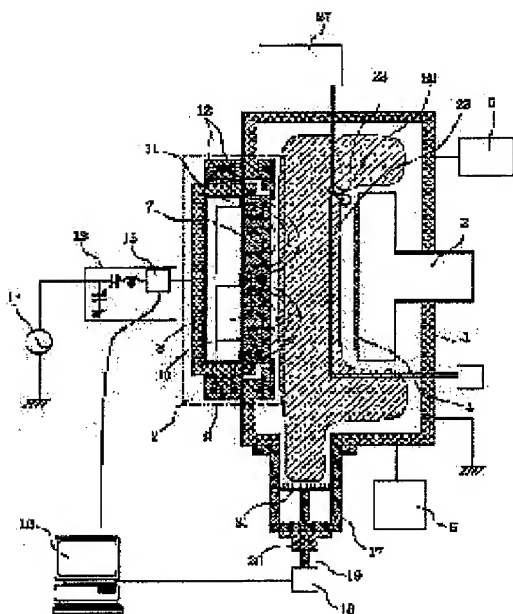
(21)Application number : 08-011701 (71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 26.01.1996 (72)Inventor : ANDO KENJI

SUZUKI YASUYUKI

HIROO RIYUUJI

(54) SPUTTERING DEVICE AND FORMATION OF DEPOSITED FILM



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To stabilize the film forming rate over a long period by a simple constitution free from the need of the accumulation of data by changing the contact area between the inside wall face of a chamber and plasma and controlling the reactance of the discharge impedance of

plasma.

SOLUTION: In a vacuum chamber 1 in which gaseous Ar or the like is introduced from a plasma gas feeding source 6, a cathode 2 provided with a magnet 11 is applied with high frequency voltage from a high frequency power source 14 to generate plasma 23. Ions in this plasma 23 are accelerated to sputter the surface of a target 8, by which the target material is deposited on a substrate 4 to form a film. In the above sputtering device, the reactance of the discharge impedance of the plasma 23 is measured by an impedance monitor 15, and a motor 18 is controlled via a computer 16. Thus, a movable board 21 in a subchamber 17 is moved to change the contact area between the plasma 23 and the inside wall face of the chamber, and the above reactance is controlled to the set value.

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The sputtering system characterized by having the device in which the touch area of a chamber internal surface and the plasma is changed, in the sputtering system which a RF is impressed [ sputtering system ] to a cathode, generates the plasma, and the ion in the plasma is accelerated [ sputtering

system ], makes a target ingredient jump out, and makes a thin film form in a substrate.

[Claim 2] The sputtering system according to claim 1 characterized by having a means to measure the reactance of the discharge impedance of said plasma.

[Claim 3] The sputtering system given in claim dyadic characterized by having a means to control the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that the reactance of said discharge impedance becomes the set point.

[Claim 4] The sputtering system according to claim 1 characterized by having a means to measure the high-frequency voltage impressed to said cathode.

[Claim 5] The sputtering system according to claim 4 characterized by having a means to control the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that said high-frequency voltage becomes the set point.

[Claim 6] The sputtering system according to claim 1 characterized by having a means to measure the auto-bias electrical potential difference of said target.

[Claim 7] The sputtering system according to claim 6 characterized by having a means to control the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that the auto-bias electrical potential difference of said target becomes the set point.

[Claim 8] It is the sputtering system according to claim 1 characterized by having a chamber and the movable plate of same electric potential, for the side-face periphery section of this movable plate being in arrangement close to a chamber wall, and this movable plate being movable with the migration means from the chamber outside.

[Claim 9] The sputtering system according to claim 8 characterized by the side-face periphery section of said movable plate not contacting said chamber wall.

[Claim 10] Said migration means is a sputtering system according to claim 8 characterized by driving according to the indicated value of a computer.

[Claim 11] Said computer is a sputtering system according to claim 10 characterized by incorporating the measured value of said reactance, high-frequency voltage, or an auto-bias electrical potential difference, performing the comparison with the set point, and giving indicated value to said migration means.

[Claim 12] The sputtering system according to claim 1 characterized by having a means to adjoin said chamber, to prepare a subchamber and to control the amount of openings of the connection of this subchamber and said chamber.

[Claim 13] A means to control the amount of openings of said connection is a sputtering system according to claim 12 characterized by being a gate valve.

[Claim 14] A means to control the amount of openings of said connection is a sputtering system according to claim 12 characterized by being a butterfly valve.

[Claim 15] The deposition film formation approach which is the deposition film formation approach of impressing a RF to a cathode, generating the plasma, accelerating the ion in the plasma, making a target ingredient jumping out, and making a thin film forming in a substrate, and forms the semi-conductor film while changing the touch area of a chamber internal surface and the plasma.

[Claim 16] The deposition film formation approach according to claim 15 which forms a thin film while changing the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that the reactance of the discharge impedance of said plasma may become the set point.

[Claim 17] The deposition film formation approach according to claim 15 which forms a thin film while controlling the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that the high-frequency voltage impressed to said cathode becomes the set point.

[Claim 18] The deposition film formation approach according to claim 15 which

forms a thin film while controlling the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that the auto-bias of said target becomes the set point.

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This inventions are a useful sputtering system and the deposition film formation approach, when forming the functional semi-conductor film in a substrate, and a membrane formation rate is especially related with a stable sputtering system and the deposition film formation approach over a long period of time.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally the thin film formation approach of having used the spatter phenomenon is widely used by the reasons of thin film formation also being able to do a metal, an insulating material ingredient, and a compound ingredient comparatively easily. Generally the magnetron sputtering which various spatters occur, and a conventional spatter, magnetron sputtering,

an opposite spatter, etc. confined the electron in the spatter as an approach that especially a membrane formation rate is high, also in it in the magnetic field, and raised the plasma consistency to it is known.

[0003] However, the magnetron sputtering method had the trouble that a target will be eaten away as the spatter progressed. The process which a target corrodes appears as follows.

[0004] The magnet of the configuration which has the south pole is formed in ring-like N pole and a core at the lower part of the target of magnetron sputtering equipment, and the field has occurred on the target front face. Especially the strong field is making the ring configuration.

[0005] The floating electron in a chamber is caught in response to the Lorentz force by the horizontal component of said field by the ring-like field on the front face of a target. The caught electron collides with sputtering gas and makes the ring-like field on the front face of a target generate the plasma with deep concentration. Moreover, a floating electron is charged at a target and forms auto-bias potential. Then, steep electric field occur between forward plasma potential and negative auto-bias potential. Generally the field where this electric field exist is called the sheath field.



[0006] The ion generated in the plasma is accelerated in a sheath field, it collides with a target, and an ejection spatter is started in a target ingredient. Since the field where plasma concentration is deep exists in the ring-like field on the front face of a target, the target front face is eaten away by the spatter in the shape of a ring.

[0007] The effect that a membrane formation rate falls appears as a target is eaten away. Using an experience value for JP,7-180046,A "the wafer under semi-conductor processing, the distance preparation between PVD targets, and equipment", and adjusting the distance from a wafer to a target to it finely about this trouble, in order to compensate pervasion of the target produced during a series of wafer coating actuation is proposed.

[0008] A calibration type must be beforehand established by experiment by the approach of using an experience value and adjusting the distance from a wafer to a target in order to compensate pervasion of a target with the sputtering system of the above-mentioned conventional example. That is, it is necessary to investigate beforehand the relation of the amount of pervasion of the target to spatter time amount, the relation of the amount of pervasion of the target to the accumulated of high-frequency power, etc. Since this experiment conducts by

trial and error, in order to obtain the calibration type of high degree of accuracy, there is [ a difficulty of taking time amount ].

[0009] Furthermore, a complicated device is required for the approach of adjusting the distance between a wafer and a target. Moreover, although the dielectric film adhering to the chamber wall other than the effect by the corrosion of a target also has big effect on a membrane formation rate, in the above-mentioned conventional example, it is not taken into consideration at all about this point.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Like the conventional example, this invention does not need preliminary data accumulation, but it is an easy configuration, and in order that a membrane formation rate may offer a stable sputtering system and the deposition film formation approach over a long period of time, it is made.

[0011]

[Means for Solving the Problem] A membrane formation rate decreases gradually as a target corrodes. This phenomenon is clear from drawing 3 . As a result of repeating research wholeheartedly about the parameter which carries

out rate-limiting [ of the membrane formation rate ], this invention person found out that a membrane formation rate could be kept constant, when keeping the reactance of the discharge impedance of the spatter plasma constant. Although this reason is not clear, it thinks for change to arise in the capacity formed of control of a reactance between the capacity of a target, the capacity currently formed in the sheath field and the plasma, and a chamber. Similarly, this invention person found out that a membrane formation rate could be kept constant also by keeping the auto-bias of a target constant again by keeping constant the high-frequency voltage impressed to a cathode. This invention is made based on the above-mentioned knowledge.

[0012] The object of this invention impresses a RF to a cathode, and generates the plasma. A means to measure the reactance of the discharge impedance of the plasma in the sputtering system which the ion in the plasma is accelerated [ sputtering system ], makes a target ingredient jump out, and makes a thin film form in a substrate, It is offering the sputtering system characterized by having a means detecting fluctuation of this reactance, and a means changing the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that this reactance's may be maintained at the set point, and attaining long-term stabilization of a

membrane formation rate.

[0013] Moreover, it is offering similarly the sputtering system characterized by having a means detecting fluctuation of the high-frequency voltage accompanying change of a discharge impedance, or an auto-bias electrical potential difference, and a means changing the touch area of a chamber internal surface and the plasma so that this high-frequency voltage or this auto-bias electrical potential difference may be maintained at the set point, and attaining long-term stabilization of a membrane formation rate.

[0014]

[Embodiment of the Invention]

(Example 1) Drawing 1 explains hereafter the detail which was adapted for the sputtering system of this invention. Drawing 1 is the schematic diagram of a sputtering system, and equips the chamber 1 of a sputtering system with the exhaust air system 5 and the sputtering gas supply system 6 which carry out evacuation of the interior of a chamber to a cathode 2 and the substrate electrode holder 3 furnished with the substrate 4 arranged in the location which countered. The sputtering gas supply system 6 can supply now reactant gas, such as inert gas, such as an argon (Ar), and oxygen (O<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>). The

magnet 11 which the 5 inch x8 inch and the target 8 with a thickness of 6mm by which bonding was carried out to the cathode 2 at the back up plate 7 are attached in the cathode housing 9, and forms the magnetron magnetic field 10 in the interior of cathode housing is formed. It is fixed through the cathode electric insulating plate 12, and said cathode 2 has the composition of having floated electrically. Furthermore, RF generator 14 is connected to a cathode 2 through the adjustment machine 13, and RF power can be supplied now to a target. The impedance monitor 15 which is the measurement means of a discharge impedance ( $Z$ ) is connected to the output side inside the adjustment machine 13 (cathode side) at the serial. Generally this impedance monitor is sold as a plasma impedance probe, and can incorporate data, such as an impedance ( $Z$ ), real resistance ( $R$ ), a reactance ( $X$ ), high frequency current ( $I$ ), high-frequency voltage ( $V$ ), high-frequency power ( $W$ ), a voltage standing wave ratio (VSWR), and a reflection coefficient (\*\*), on real time as main measurement data at a computer 16.

[0015] The subchamber 17 to which a touch area with the plasma 23 is changed, and the reactance ( $X$ ) of a discharge impedance is changed by the chamber and same electric potential concerning this invention is connected to \*\* and a

chamber 1. The driving shaft 19 which transmits the motor 18 driven in response to the signal from a computer 16 and its driving force to the subchamber 17 penetrates the shaft sealing 20 which intercepts atmospheric air and a vacuum, and is attached, and the movable plate 21 is attached at the head of the shaft. When the side face of a movable plate 21 is touched by the wall of the subchamber 17, the deposition film adhering to a chamber wall will fail to be shaved, and an impurity is produced in a chamber and it may have an adverse effect on the deposition film. Therefore, it is desirable that the about 1-2mm clearance where the plasma of spatter discharge does not turn to the background of a movable plate 21 is between the subchamber 17 and a movable plate 21.

[0016] Next, the actuation under spatter is explained. This example is Ta 2O<sub>5</sub> by introducing argon gas and oxygen gas as sputtering gas, using Ta target as a target 8. It is RF reactivity spatter which forms the film.

[0017] In the state of the first stage when the corrosion of a target 8 is not advancing, the location of a movable plate 21 is arranged in the location drawn in the motor 18 side. They are Argon Ar and oxygen O<sub>2</sub> of reactant gas from the sputtering gas supply system 6 after carrying out evacuation of the interior of a

chamber 1 by the exhaust air system 6. It introduces so that chamber internal pressure may be set to 0.2Pa at a rate of 7:3. 1.0kW of high-frequency power is supplied to a target 8 after sputtering gas installation. High-frequency power is supplied to a target 8 through the adjustment machine 13 and the impedance monitor 15 from RF generator 14.

[0018] Then, since mass is light compared with a sputtering gas molecule, the floating electron which exists in the interior of a chamber is shaken by RF electric field, it collides with sputtering gas, begins to beat an electron, and ionizes sputtering gas. (Plasma discharge occurs) On the other hand, on target 8 front face, it is accelerated in a sheath field and the sputtering gas with which the electron was charged, and it became electronegative potential, and was ionized in the plasma collides with a target 8. And an ejection spatter is started in Ta of a target 8 or oxygen gas, and tantalum oxide  $Ta_2O_5$  that reacted.

[0019] A shutter 22 is opened after starting a spatter. It oxidizes on the inside of a flight, or a substrate front face, and the Ta or  $Ta_2O_5$  particle soon taken out from the target 8 is  $Ta_2O_5$  mostly. Membranes are formed on a substrate 4 as film.

[0020] At this time, the reactance (X) of the discharge impedance under

membrane formation is incorporated by the computer 16 on real time. The measured value of a reactance (X) is compared with the value set up beforehand inside a computer 16. When a reactance (X) becomes smaller than the set point, a computer 16 drives a motor 18 so that a movable plate 21 may carry out minute amount migration in the direction of the interior of a chamber 1. By pushing up a movable plate 21, the plasma 23 which turns to the subchamber 17 is made a chamber 1. Therefore, the touch area of a chamber 1 and the plasma 23 carries out minute amount reduction. As a result, minute amount buildup of the reactance (X) can be carried out, and it can be brought close to the set point.

[0021] Conversely, when a reactance (X) becomes larger than the set point, a computer 16 drives a motor 18 so that a movable plate 21 may carry out minute amount migration in the direction of the exterior of a chamber 1. By reducing a movable plate 21, the plasma 23 spreads to the subchamber 17. Therefore, the touch area of a chamber 1 and the plasma 23 carries out minute amount buildup. As a result, minute amount reduction of the reactance (X) can be carried out, and it can be brought close to the set point.

[0022] These actuation is repeated continuously. Thus, change of the membrane



formation rate when controlling a movable plate and amending a reactance (X) so that it may become the value set up beforehand becomes like drawing 3. According to this, compared with the time of not amending a reactance (X), it turns out over a long period of time that a membrane formation rate is stable.

[0023] (Example 2) The impedance monitor of an example 1 can use also as a means to measure high-frequency voltage. Therefore, by controlling a movable plate so that the measured value of high-frequency voltage always turns into the set point like an example 1, auto-bias electrical-potential-difference change can be amended, and a membrane formation rate can be stabilized.

[0024] (Example 3) When a target is a metal, the auto-bias electrical potential difference of a target can be measured. The means connects a voltmeter 25 to a cathode 2 through the low pass filter 24 which can intercept a RF and can pass only a direct current and low frequency, as drawing 2 shows.

[0025] The measured value of the auto-bias electrical potential difference of the target under membrane formation is incorporated by the computer 16 on real time like an example 1. Inside a computer 16, the measured value of an auto-bias electrical potential difference is compared with the value set up beforehand. When an auto-bias electrical potential difference becomes smaller

than the set point, a computer 16 drives a motor 18 so that a movable plate 21 may carry out minute amount migration in the direction of the interior of a chamber 1. By pushing up a movable plate 21, the plasma 23 which turns to the subchamber 17 is made a chamber 1. Therefore, the touch area of a chamber 1 and the plasma 23 carries out minute amount reduction. As a result, minute amount buildup of the auto-bias electrical potential difference can be carried out, and it can be brought close to the set point.

[0026] Conversely, when an auto-bias electrical potential difference becomes larger than the set point, a computer 16 drives a motor 18 so that a movable plate 21 may carry out minute amount migration in the direction of the exterior of a chamber 1. By reducing a movable plate 21, the plasma 23 spreads to the subchamber 17. Therefore, the touch area of a chamber 1 and the plasma 23 carries out minute amount buildup. As a result, minute amount reduction of the auto-bias electrical potential difference can be carried out, and it can be brought close to the set point.

[0027] The location of a movable plate may be controlled by this process so that an auto-bias electrical potential difference always becomes the set point, a membrane formation rate can be stabilized with a cheap and easy configuration,

and equivalent effectiveness is acquired.

[0028] As mentioned above, of course based on the technical thought of this invention, various deformation is possible for this invention, although the example of this invention was explained, without being limited to this.

[0029] For example, although the movable plate 21 drove the wall of the subchamber 17 like the piston, pushed up the plasma 23 and it carried out adjustable [ of the touch area ] in the example, it is possible also by the device in which adjust the amount of openings of the connection of a chamber and a subchamber, adjust the amount of surroundings lumps of the plasma, and a touch area is changed. A gate valve, a butterfly valve, etc. are mentioned as an adjustment device of the amount of openings. Moreover, although oxide-film formation explained in the example, this invention can be applied also to various film formation, without restricting to this. Of course, the reactant gas of the class according to the film formed in this case is applied.

[0030]

[Effect of the Invention] If the invention in this application is followed, preliminary data accumulation is not needed but a membrane formation rate can be made stability over a long period of time with an easy configuration.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline block diagram of the sputtering system by the example of this invention

[Drawing 2] It is the sputtering system of this invention and is the outline block diagram of other examples.

[Drawing 3] Membrane formation rate comparison drawing when forming tantalum pentoxide for a long period of time by the approach by this invention, and the approach by the sputtering system of the conventional method

[Description of Notations]

1 Chamber

2 Cathode

3 Substrate Electrode Holder

4 Substrate

5 Exhaust Air System

6 Sputtering Gas Supply System

7 Back Up Plate

8 Target

9 Cathode Housing

10 Magnetron Magnetic Field

11 Magnet

12 Cathode Electric Insulating Plate

13 Adjustment Machine

14 RF Generator

15 Impedance Monitor

16 Computer

17 SubChamber

18 Motor

19 Driving Shaft

20 Shaft Sealing

21 Movable Plate

22 Shutter

23 Plasma

24 Low Pass Filter

25 Voltmeter

26 Thickness Gage

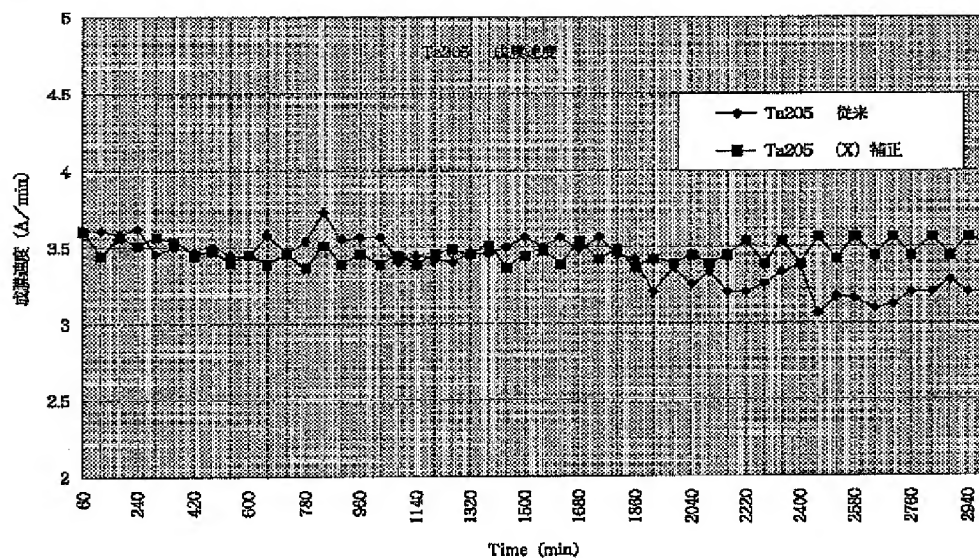
27 Thickness Monitor

---

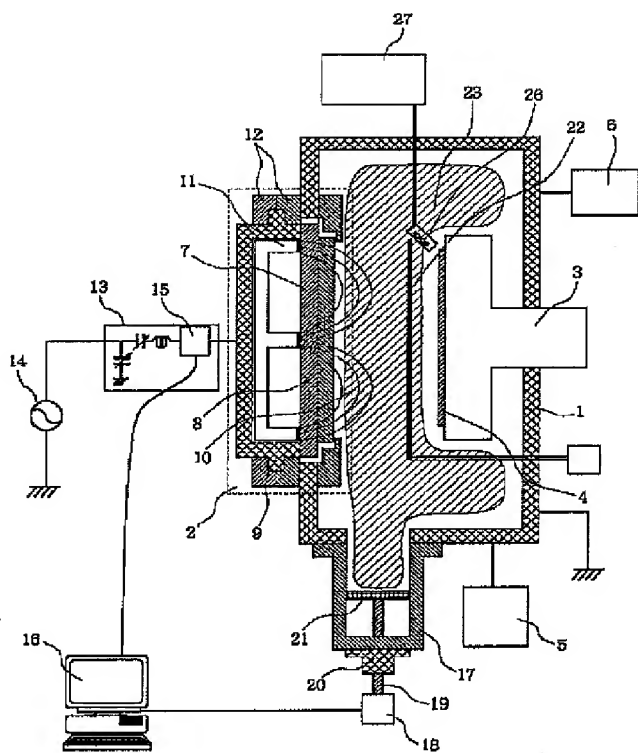
## DRAWINGS

---

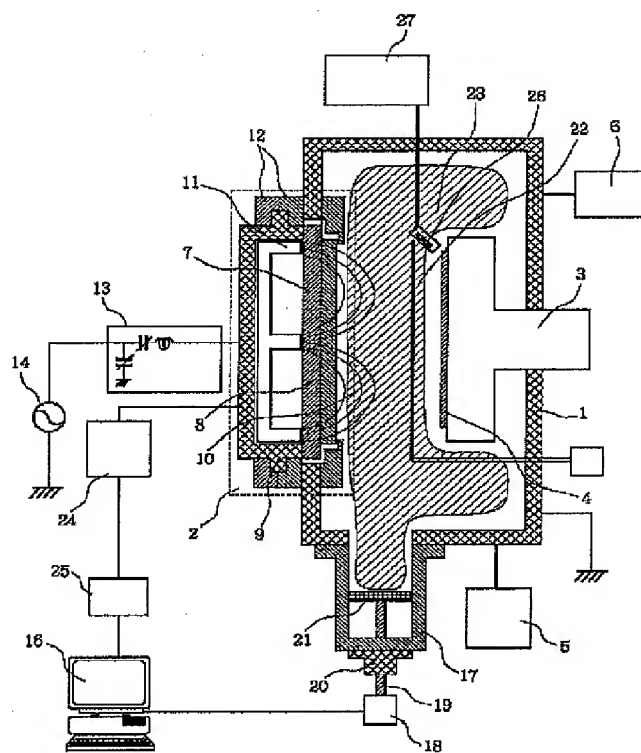
[Drawing 3]



[Drawing 1]



[Drawing 2]





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-202968

(43)公開日 平成9年(1997)8月5日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C	14/34		C 2 3 C 14/34	U
	14/54		14/54	B
H 0 1 L	21/203		H 0 1 L 21/203	S
	21/31		21/31	D
	21/316		21/316	Y

審査請求 未請求 請求項の数18 ○L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-11701

(22)出願日 平成8年(1996)1月26日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 安藤 謙二

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 鈴木 康之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

(72)発明者 梶郷 竜二

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

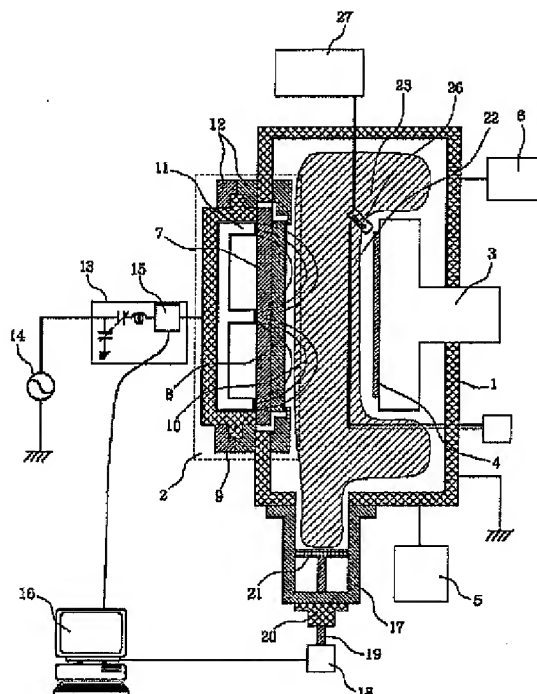
(74)代理人 弁理士 丸島 儀一

(54)【発明の名称】 スパッタ装置及び堆積膜形成方法

(57)【要約】

【課題】 予備的なデータ蓄積を必要とせず、簡単な構成で、長期にわたって成膜速度を安定にする。

【解決手段】 プラズマのリアクタンス、高周波電圧または自己バイアス電圧を一定に保つように、チャンバ内壁面とプラズマとの接触面積を可動板により調整する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 カソードに高周波を印加してプラズマを発生させ、プラズマ中のイオンを加速してターゲット材料を飛び出させ基板に薄膜を形成させるスパッタ装置に於いて、チャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を変化させる機構を有することを特徴とするスパッタ装置。

【請求項2】 前記プラズマの放電インピーダンスのリアクタンスを測定する手段を有することを特徴とする請求項1記載のスパッタ装置。

【請求項3】 前記放電インピーダンスのリアクタンスが設定値になる様にチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を制御する手段を有することを特徴とする請求項2記載のスパッタ装置。

【請求項4】 前記カソードに印加する高周波電圧を測定する手段を有することを特徴とする請求項1記載のスパッタ装置。

【請求項5】 前記高周波電圧が設定値になる様にチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を制御する手段を有することを特徴とする請求項4記載のスパッタ装置。

【請求項6】 前記ターゲットの自己バイアス電圧を測定する手段を有することを特徴とする請求項1記載のスパッタ装置。

【請求項7】 前記ターゲットの自己バイアス電圧が設定値になる様にチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を制御する手段を有することを特徴とする請求項6記載のスパッタ装置。

【請求項8】 チャンパーと同電位の可動板を有し、該可動板の側面外周部はチャンパー内壁に近接する配置にあり、該可動板はチャンパー外部からの移動手段で移動可能である事を特徴とする請求項1記載のスパッタ装置。

【請求項9】 前記可動板の側面外周部が前記チャンパー内壁に接触しないことを特徴とする請求項8記載のスパッタ装置。

【請求項10】 前記移動手段はコンピューターの指示値にしたがって駆動されることを特徴とする請求項8記載のスパッタ装置。

【請求項11】 前記コンピューターは、前記リアクタンス、高周波電圧または自己バイアス電圧の測定値を取り込み、設定値との比較を行って、前記移動手段に指示値を与えることを特徴とする請求項10記載のスパッタ装置。

【請求項12】 前記チャンパーに隣接して副チャンパーを設け、該副チャンパーと前記チャンパーとの接続部の開口量を制御する手段を有することを特徴とする請求項1記載のスパッタ装置。

【請求項13】 前記接続部の開口量を制御する手段はゲートバルブであることを特徴とする請求項12記載のスパッタ装置。

【請求項14】 前記接続部の開口量を制御する手段は

2

バタフライ弁であることを特徴とする請求項12記載のスパッタ装置。

【請求項15】 カソードに高周波を印加してプラズマを発生させ、プラズマ中のイオンを加速してターゲット材料を飛び出させ基板に薄膜を形成させる堆積膜形成方法であって、チャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を変化させながら半導体膜を形成する堆積膜形成方法。

【請求項16】 前記プラズマの放電インピーダンスのリアクタンスが設定値になる様にチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を変化させながら薄膜を形成する請求項15記載の堆積膜形成方法。

【請求項17】 前記カソードに印加する高周波電圧が設定値になる様にチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を制御しながら薄膜を形成する請求項15記載の堆積膜形成方法。

【請求項18】 前記ターゲットの自己バイアスが設定値になる様にチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を制御しながら薄膜を形成する請求項15記載の堆積膜形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板に機能性半導体膜を形成する場合に有用なスパッタ装置及び堆積膜形成方法で、特に成膜レートが長期間にわたって安定なスパッタ装置及び堆積膜形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】スパッタ現象を利用した薄膜形成方法は、金属や絶縁物材料、化合物材料でも比較的容易に薄膜形成が出来る事等の理由で一般に広く利用されている。スパッタ法には、コンベンショナルスパッタ、マグネトロンスパッタや対向スパッタ等種々スパッタ法があり、その中でも特に成膜レートの高い方法として、磁場で電子を閉じこめプラズマ密度を高めたマグネトロンスパッタが一般的に知られている。

【0003】しかしながら、マグネトロンスパッタ法はスパッタが進むにしたがい、ターゲットが侵食されてしまうという問題点があった。ターゲットが侵食されるプロセスは以下のようにあらわれる。

【0004】マグネトロンスパッタ装置のターゲットの下部にはリング状のN極と、その中心にS極を有する形状の磁石が設けられており、ターゲット表面に磁界が発生している。特に強い磁界はリング形状をなしている。

【0005】チャンパー内の浮遊電子は前記磁界の水平成分によるローレンツ力を受けてターゲット表面のリング状領域に捕捉される。捕捉された電子はスパッタガスと衝突して、ターゲット表面のリング状領域に濃度の濃いプラズマを発生させる。また浮遊電子はターゲットに帯電し、自己バイアス電位を形成する。すると、正のプラズマ電位と負の自己バイアス電位との間に急峻な電界が発生する。この電界が存在する領域は一般にシース領

3

域と呼ばれている。

【0006】プラズマ中で発生したイオンはシース領域で加速されターゲットに衝突してターゲット材料をはじき出しスパッタが開始される。プラズマ濃度の濃い領域はターゲット表面のリング状領域に存在するので、スパッタによってターゲット表面がリング状に侵食されている。

【0007】ターゲットが侵食されるにしたがって、成膜速度が落ちてくるという影響が現れる。この問題点に関して、特開平7-180046『半導体処理中のウエハとPVDターゲット間距離調整法と装置』に、一連のウエハコーティング操作中に生じるターゲットの侵食を補償する為にウエハからターゲットまでの距離を経験値を用いて細かく調整することが提案されている。

【0008】上記従来例のスパッタ装置では、ターゲットの侵食を補償する為にウエハからターゲット迄の距離を経験値を用いて調整する方法で、あらかじめ実験により較正式を確立しておかなければならない。即ち、スパッタ時間に対するターゲットの侵食量の関係、高周波電力の累積値に対するターゲットの侵食量の関係等をあらかじめ調べておく必要がある。この実験は試行錯誤的に行うため、高精度の較正式を得るためには時間がかかるという難点がある。

【0009】更に、ウエハとターゲットとの間の距離を調整する方法は複雑な機構が必要である。また、ターゲットの侵食による影響の他にチャンパー内壁に付着した誘電体膜もまた成膜速度に大きな影響を及ぼすが、上記従来例においてはこの点に関しなら考慮されていない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、従来例のように、予備的なデータ蓄積を必要とせず、簡単な構成で、成膜速度が長期にわたって安定なスパッタ装置及び堆積膜形成方法を提供するためになされたものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】ターゲットが侵食されるにしたがい、成膜速度が徐々に減少する。この現象は図3から明らかである。本発明者は成膜速度を律速するパラメタについて鋭意研究を重ねた結果、スパッタプラズマの放電インピーダンスのリアクタンスを一定に保てば成膜速度を一定に保つことができることを見いだした。この理由は明らかではないが、リアクタンスの制御によって、ターゲットの容量、シース領域に形成されている容量及びプラズマとチャンパーとの間に形成される容量等に変化が生じるためと考えられる。同様に、本発明者はカソードに印加する高周波電圧を一定に保つことにより、また、ターゲットの自己バイアスを一定に保つことによっても、成膜速度を一定に保つことができることを見いだした。本発明は上記の知見に基づいてなされたものである。

4

【0012】本発明の目的は、カソードに高周波を印加してプラズマを発生させ、プラズマ中のイオンを加速してターゲット材料を飛び出させ基板に薄膜を形成させるスパッタ装置に於いて、プラズマの放電インピーダンスのリアクタンスを測定する手段と、該リアクタンスの変動を検出する手段と、該リアクタンスを設定値に保つようにチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を変化させる手段を有することを特徴とするスパッタ装置を提供し、成膜速度の長期安定化を図ることである。

【0013】又同様に、放電インピーダンスの変化に伴う高周波電圧または自己バイアス電圧の変動を検出する手段と、該高周波電圧または該自己バイアス電圧を設定値に保つようにチャンパー内壁面とプラズマとの接触面積を変化させる手段とを有することを特徴とするスパッタ装置を提供し、成膜速度の長期安定化を図ることである。

【0014】

【発明の実施の形態】

（実施例1）以下、本発明のスパッタ装置に適応した詳細を図1で説明する。図1はスパッタ装置の概略図で、スパッタ装置のチャンパー1にはカソード2と対向した位置に配置された基板4を取り付けた基板ホルダー3とチャンパー内部を真空排気する排気系5及びスパッタガス供給系6を備えている。スパッタガス供給系6は、アルゴン（Ar）等の不活性ガスや酸素（O<sub>2</sub>）、窒素（N<sub>2</sub>）等の反応性ガスを供給出来るようになっている。カソード2にはバックリングプレート7にボンディングされた5インチ×8インチ、厚さ6mmのターゲット8がカソードハウジング9に取り付けられ、又カソードハウジング内部にはマグネトロン磁場10を形成するマグネット11が設けられている。前記カソード2は、カソード絶縁板12を介して固定され、電気的に浮かした構成になっている。更にカソード2には、整合器13を介して高周波電源14が接続され高周波パワーをターゲットに供給出来る様になっている。整合器13の内部の出力側（カソード側）に放電インピーダンス（Z）の測定手段であるインピーダンスモニター15が直列に接続されている。このインピーダンスモニターはプラズマインピーダンスプローブとして一般に販売されており主な測定データとしてインピーダンス（Z）、実抵抗

（R）、リアクタンス（X）、高周波電流（I）、高周波電圧（V）、高周波電力（W）、電圧定在波比（VSWR）、反射係数（Γ）等のデータをリアルタイムにコンピュータ16に取り込む事が出来る。

【0015】又、チャンパー1には、本発明に係わるチャンパーと同電位で、プラズマ23との接触面積を変化させて放電インピーダンスのリアクタンス（X）を変化させる副チャンパー17が接続されている。副チャンパー17には、コンピュータ16からの信号を受けて駆動するモーター18とその駆動力を伝達する駆動軸19が

50

5

大気と真空を遮断する軸シール20を貫通して取り付けられ、その軸の先端には可動板21が取り付けられている。可動板21の側面が副チャンバー17の内壁に接触されていた場合、チャンパー内壁に付着していた堆積膜を削り落とすことになり、チャンパー内に不純物を生じて堆積膜に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、副チャンパー17と可動板21の間には、スパッタ放電のプラズマが可動板21の裏側に回り込まない1~2mm程度の隙間があることが好ましい。

【0016】次にスパッタ中の動作を説明する。本実施例は、ターゲット8としてTaターゲットを用い、スパッタガスとしてアルゴンガス及び酸素ガスを導入することによりTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜を形成するRF反応性スパッタである。

【0017】ターゲット8の浸食が進行していない初期の状態では可動板21の位置はモーター18側に引き込んだ位置に配置しておく。チャンパー1の内部を排気系6で真空排気した後、スパッタガス供給系6よりアルゴンAr及び反応性ガスの酸素O<sub>2</sub>を7:3の割合でチャンパー内圧力が0.2Paになる様に導入する。スパッタガス導入後、ターゲット8を高周波電力1.0kWを供給する。高周波電力は、高周波電源14から整合器13、インピーダンスモニター15を介してターゲット8に供給される。

【0018】すると、チャンパー内部に存在する浮遊電子は、スパッタガス分子に比べ質量が軽いので高周波電界で振られ、スパッタガスと衝突して電子をたたき出しスパッタガスをイオン化する。(プラズマ放電が発生)一方、ターゲット8表面では電子が帯電して負の電位となり、プラズマ中のイオン化されたスパッタガスは、シース領域で加速されターゲット8に衝突する。そして、ターゲット8のTaまたは酸素ガスと反応した酸化タantalTa<sub>2</sub>O<sub>x</sub>をはじき出しスパッタが開始される。

【0019】スパッタを開始した後、シャッター22を開く。ターゲット8からはじき出されたTaまたはTa<sub>2</sub>O<sub>x</sub>粒子は、飛行中や基板表面で酸化反応してほぼTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜として基板4上に成膜される。

【0020】このとき、成膜中の放電インピーダンスのリアクタンス(X)が、リアルタイムでコンピュータ16に取り込まれる。コンピュータ16の内部では、リアクタンス(X)の測定値とあらかじめ設定された値とを比較する。リアクタンス(X)が設定値より小さくなった場合、コンピュータ16は可動板21がチャンパー1の内部方向に微小量移動するようにモーター18を駆動する。可動板21が押し上げられることにより、副チャンパー17に回り込んでいるプラズマ23がチャンパー1へ押し上げられる。そのためチャンパー1とプラズマ23との接触面積が微小量減少する。その結果リアクタンス(X)は微小量増大し、設定値に近づける事が出来る。

6

【0021】逆にリアクタンス(X)が設定値より大きくなった場合、コンピュータ16は可動板21がチャンパー1の外部方向に微小量移動するようにモーター18を駆動する。可動板21が引き下げられることにより、プラズマ23が副チャンパー17へ広がる。そのためチャンパー1とプラズマ23との接触面積が微小量増大する。その結果リアクタンス(X)は微小量減少し、設定値に近づける事が出来る。

【0022】これらの操作を連続的に繰り返す。この様にリアクタンス(X)をあらかじめ設定された値になる様に可動板を制御して補正した時の成膜速度の変化は図-3のようになる。これによると、リアクタンス(X)を補正しない時に比べて成膜速度は長期にわたって安定であることがわかる。

【0023】(実施例2)実施例1のインピーダンスモニターは、高周波電圧を測定する手段としても利用することができる。したがって、実施例1と同様に高周波電圧の測定値が常に設定値になる様に可動板を制御することにより自己バイアス電圧変化を補正し成膜速度を安定化させる事ができる。

【0024】(実施例3)ターゲットが金属の場合、ターゲットの自己バイアス電圧を測定することができる。その手段は、図-2で示す様にカソード2に、高周波を遮断して直流や低周波のみを通過する事が出来るローパスフィルター24を介して電圧計25を接続するものである。

【0025】実施例1と同様に、成膜中のターゲットの自己バイアス電圧の測定値が、リアルタイムでコンピュータ16に取り込まれる。コンピュータ16の内部では、自己バイアス電圧の測定値とあらかじめ設定された値とを比較する。自己バイアス電圧が設定値より小さくなった場合、コンピュータ16は可動板21がチャンパー1の内部方向に微小量移動するようにモーター18を駆動する。可動板21が押し上げられることにより、副チャンパー17に回り込んでいるプラズマ23がチャンパー1へ押し上げられる。そのためチャンパー1とプラズマ23との接触面積が微小量減少する。その結果自己バイアス電圧は微小量増大し、設定値に近づける事が出来る。

【0026】逆に自己バイアス電圧が設定値より大きくなった場合、コンピュータ16は可動板21がチャンパー1の外部方向に微小量移動するようにモーター18を駆動する。可動板21が引き下げられることにより、プラズマ23が副チャンパー17へ広がる。そのためチャンパー1とプラズマ23との接触面積が微小量増大する。その結果自己バイアス電圧は微小量減少し、設定値に近づける事が出来る。

【0027】このプロセスにより、自己バイアス電圧が常に設定値になる様に可動板の位置を制御しても良く、安価で簡単な構成で成膜速度を安定化させる事ができ同

等の効果が得られる。

【0028】以上、本発明の実施例について説明したが、勿論、本発明はこれに限定されることなく、本発明の技術的思想に基づいて種々の変形が可能である。

【0029】例えば、実施例では、可動板21は副チャンバー17の内壁をピストンの様に駆動してプラズマ23を押し上げて接触面積を可変したが、チャンバーと副チャンバーの接続部の開口量を調整してプラズマの回り込み量を調整して接触面積を変化させる機構でも可能である。開口量の調整手段としてはゲートバルブ、バタフライ弁等が挙げられる。又、実施例では酸化膜形成で説明したが、これに限ることなく多種の膜形成にも本発明は適用可能である。勿論、この場合、形成される膜に応じた種類の反応ガスが適用される。

【0030】

【発明の効果】本願発明に従えば、予備的なデータ蓄積を必要とせず、簡単な構成で、成膜速度を長期にわたって安定にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例によるスパッタ装置の概略構成図

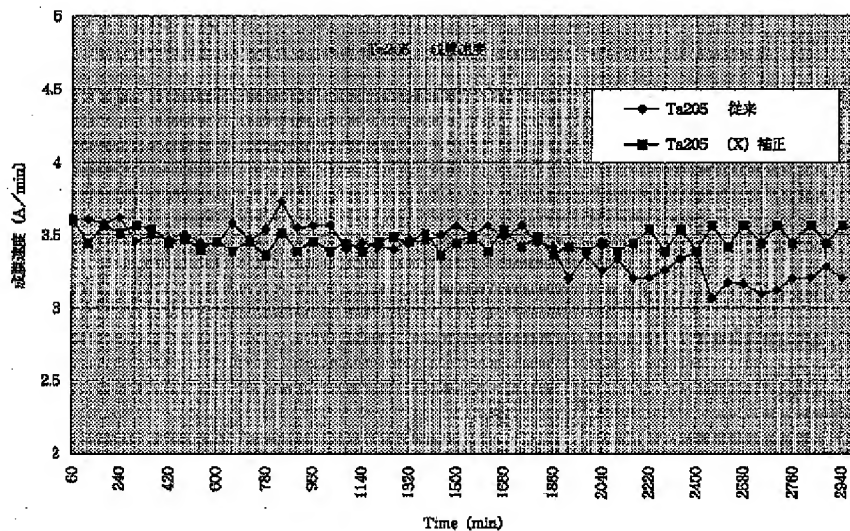
【図2】本発明のスパッタ装置で他の実施例の概略構成図

【図3】本発明による方法と、従来方式のスパッタ装置による方法で五酸化タンタルを長期間成膜した時の成膜速度比較図

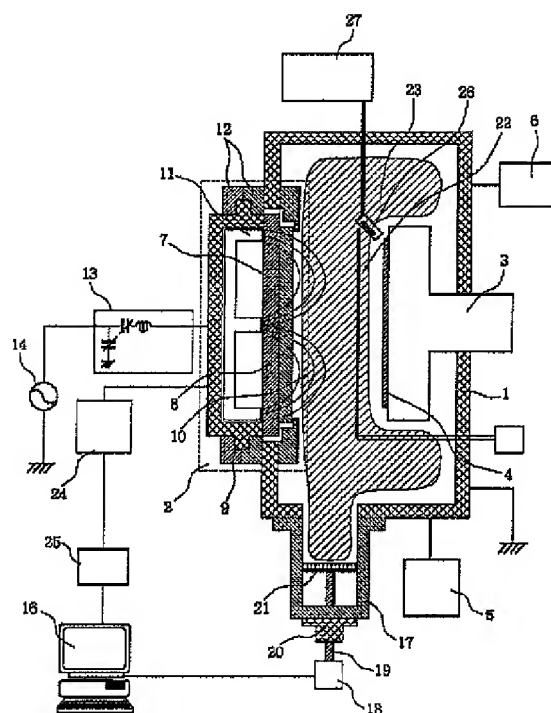
【符号の説明】

- 1 チャンバー
- 2 カソード
- 3 基板ホルダー
- 4 基板
- 5 排気系
- 6 スパッタガス供給系
- 7 バッキングプレート
- 8 ターゲット
- 9 カソードハウジング
- 10 マグネトロン磁場
- 11 磁石
- 12 カソード絶縁板
- 13 整合器
- 14 高周波電源
- 15 インピーダンスモニター
- 16 コンピュータ
- 17 副チャンバー
- 18 モーター
- 19 駆動軸
- 20 軸シール
- 21 可動板
- 22 シャッター
- 23 プラズマ
- 24 ローパスフィルター
- 25 電圧計
- 26 膜厚計
- 27 膜厚モニター

【図3】



【図 2】



### 技術表示箇所

A

$$Z$$